

**PROPUESTAS DE CONTROL ASOCIADAS A LA CONTAMINACION POR
VERTIMIENTOS A TRES CAÑOS POR LA PERFORACIÓN EXPLORATORIA
EN EL BLOQUE TIPLE**

CARLOS MARIO GARNICA ACOSTA

C.C 80.093.459

**UNIVERSIDAD LIBRE
FACULTAD DE INGENIERIA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA AMBIENTAL
BOGOTÁ, ENERO DE 2014**

**PROPUESTAS DE CONTROL ASOCIADAS A LA CONTAMINACION POR
VERTIMIENTOS A TRES CAÑOS POR LA PERFORACIÓN EXPLORATORIA
EN EL BLOQUE TIPLE**

CARLOS MARIO GARNICA ACOSTA

C.C. 80.093.459

**Proyecto de grado para optar al título de ESPECIALISTA EN GERENCIA
AMBIENTAL**

Asesor

ING. OSCAR LEONARDO ORTIZ MEDINA

UNIVERSIDAD LIBRE

FACULTAD DE INGENIERIA

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA AMBIENTAL

BOGOTÁ, ENERO 2014

Nota de Aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá D.C. 26 de enero de 2014

Dedicatoria

Dedico este trabajo de grado principalmente a mi tío, a mi madre, que jugaron un papel fundamental en el desarrollo de este trabajo, motivándome día a día a ser un luchador incansable por alcanzar todas las metas y sueños forjadas a nivel profesional y personal en el 2013.

Agradecimientos

El Autor expresa su agradecimiento por su tiempo y colaboración:

A mi señora madre, a mi tío, por el apoyo incondicional a lo largo de mi desarrollo como persona y como profesional.

Al Ingeniero Oscar Ortiz, tutor de la investigación, por el apoyo durante el desarrollo del proyecto y su capacidad de compartir su conocimiento y así enriquecer el proyecto de investigación.

A todos aquellos conocidos y compañeros, que de alguna u otra forma aportaron con su experticia en el desarrollo del presente trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	9
2. ANTECEDENTES	11
3. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
4. JUSTIFICACIÓN	22
5. OBJETIVOS	23
5.1. OBJETIVO GENERAL.....	23
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
6. MARCOS REFERENCIALES	24
6.1. MARCO TEÓRICO	24
6.2. MARCO GEOGRAFICO	31
6.3. MARCO LEGAL.....	35
7. ALCANCE Y LIMITACIÓN	37
8. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
9. RESULTADOS.....	40
9.1. CARACTERIZACION DE LA SITUACIÓN DEL PROCESO DE VERTIDO DE LOS PROYECTOS DE EXPLORACIÓN PETROLIFERA	40
9.2. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL VERTIDO	56
9.3. PROPUESTAS DE CONTROL DESDE LA GERENCIA AMBIENTAL ..	60
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES.....	66
BIBLIOGRAFIA.....	67

LISTADO DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 Coordenadas del Bloque de Perforación Exploratoria Tiple.....	32
Tabla 2 Municipios y Veredas Influencia Directa	33
Tabla 3 Marco legal y normativo	35
Tabla 4 Sistemas de perforación.	50
Tabla 5 Equipos usados temporalmente en la perforación.	51
Tabla 6 Manejo Ambiental Durante la Perforación.....	52
Tabla 7 Cuerpos de agua y sitios autorizados para la captación	53
Tabla 8 Caudales de captación autorizados	53
Tabla 9 Puntos de vertimientos autorizados	54
Tabla 10 Análisis Multitemporal resultados de los monitoreos físico químicos tomados durante la línea base y etapa de perforación	53

LISTADO DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Localización Geográfica del Bloque.....	33
Figura 2 Geología regional del área de influencia.....	41
Figura 3 Cuenca hidrográfica del río Meta en el departamento del Casanare.....	44
Figura 4 Red hidrográfica de influencia regional del Bloque Tiple en el departamento del Casanare	45
Figura 5 Localización general del área de interés del Bloque exploratorio Tiple y las estaciones hidrométricas que caracterizan el régimen del drenaje del área de influencia.....	47
Figura 6 Localización geográfica de los sitios de captación y vertimientos autorizados	55

LISTADO DE IMAGENES

	pág.
Imagen 1. Depósitos Cuaternarios en las Orillas del Caño Güira	42
Imagen 2. Depósitos Cuaternarios en las Orillas del Caño Orocuecito	43

INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS), ahora en cabeza de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, tiene la competencia en el otorgamiento de las Licencias Ambientales para los proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos, así como también realizar el seguimiento ambiental a este tipo de proyectos.

Es así, como las empresas tienen la obligación de presentar los Estudios de Impacto Ambiental basados en los términos de referencia, expedidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), en los cuales se exige la presentación de la evaluación de los impactos ambientales más significativos generados por los proyectos, obras o actividades de desarrollo, con el fin de establecer medidas de manejo encaminadas a la prevención, mitigación, control, corrección y compensación de impactos ambientales.

El objetivo del presente proyecto es el de proyectar una serie de propuestas de control asociadas a la contaminación por vertimientos a tres (3) caños por la perforación exploratoria en el bloque tiple, específicamente la perforación del pozo Jilguero Sur.

Para el desarrollo del siguiente estudio, fueron tomados como objeto de investigación el proyecto de Perforación Exploratoria en el área del Bloque Tiple, este tiene como actividad asociada la perforación de los pozos exploratorios en plataformas multipozo. El total se proyecta la perforación de pozos exploratorios en aproximadamente 15 plataformas, estimándose hasta 5 pozos por plataforma

ubicado en jurisdicción de los municipios de Maní y Tauramena en el departamento del Casanare.

El presente trabajo consta de una primera parte donde serán revisados y analizados los diferentes documentos de interés como los Estudios de Impacto Ambiental y Planes de Manejo Ambiental del proyecto, mediante el cual las empresas proponen sus propias medidas de manejo y control ambiental durante la ejecución de los proyectos de perforación exploratoria.

Seguido, se establece el marco legal aplicable a la investigación, relacionada en su mayoría con la legislación ambiental colombiana en especial lo concerniente con el Licenciamiento Ambiental y el sector de hidrocarburos.

En la segunda parte se realiza un análisis multitemporal, donde su propósito primordial es el de comparar los resultados de los monitoreos físico químicos tomados durante la etapa previa del proyecto (línea base) y en la etapa de perforación exploratoria. Posteriormente después de haber obtenido los resultados se procederá a realizar una caracterización ambiental de los principales parámetros que se encontraron por fuera de los límites permisibles de la norma, en este caso el Decreto 1594 de 1984, para poder diagnosticar el impacto ambiental generado durante las actividades de vertido a los tres (3) caños.

Finalmente en la última parte se obtendrán unos resultados que permite evaluar la efectividad de los tratamientos adoptados por la empresa para el manejo de las aguas residuales domesticas y por ende la calidad de las mismas en base al cumplimiento de los parámetros establecidos por la normatividad colombiana para vertimientos. Posteriormente dicha evaluación será el punto de partida para diseñar y proponer estrategias de control que permitirían ejercer un control más efectivo sobre las aguas residuales en cuanto a su disposición final.

2. ANTECEDENTES

El país actualmente depende de la producción el crudo pesado, especialmente extraído de la cuenca de los Llanos como los yacimientos del Departamento del Meta. El uso del petróleo se remonta a su papel como lubricante y con fines medicinales y místicos en las tribus nativas, como lo narran en diferentes partes del mundo; aquí en Colombia, es Gonzalo Jiménez de Quesada quien documentó el uso dado al “aceite negro” por parte del pueblo indígena de los Yariguies¹.

Con el desarrollo de la industria petrolera se incrementa dicho avance tecnológico, convirtiéndose desde entonces en el patrón energético fundamental para la humanidad y a su vez, el uso del petróleo como materia prima en la elaboración de más de 3000 derivados en su cadena productiva: plásticos, telas, materiales de construcción, fertilizantes, pesticidas y hasta cosméticos son derivados del petróleo. La industria petrolera fue pionera de la revolución verde, y por ende del cambio de técnicas agrícolas en aras de aumentar la productividad mundial de alimentos, haciendo de la agricultura una actividad dependiente de la explotación de petróleo.

Los inicios de la explotación petrolera en Colombia se pueden resumir en una serie de concesiones entregada a personas naturales con influencia directa del gobierno, que terminaron negociándolas con empresas multinacionales que se asentaron en Colombia. Es así como los comienzos de la explotación se remontan al año 1886, donde el escritor colombiano Jorge Isaac firma un contrato con el Estado Colombiano para explotar petróleo en una zona delimitada por Aracataca, la Guajira y el Golfo de Urabá que luego sería adquirida por la Pan American Investment Co.

¹ INDEPAZ. PETROLEO, Abril de 2013.

Por su parte, la Concesión de Mares (1905) lleva su nombre por Roberto de Mares quien usando la influencia de su padrino de matrimonio y ex presidente de Colombia, Rafael Reyes, establece el contrato con el Estado. Esta área comprendía la zona de Barrancabermeja y que después de exceder los plazos de exploración establecidas en el contrato termina negociando el bloque con la Tropical Oil Company.

Otro cuestionado contrato fue la Concesión Barco, entregada también por Rafael Reyes al General Virgilio Barco en 1905, quien negociaría con la Compañía Colombiana de Petróleo que era a su vez subsidiaria de la Gulf Oil Company. Estas primeras explotaciones del recurso trajeron consigo diferentes impactos negativos para el país como la persecución del pueblo indígena Yariguies y Bari, comunidades que resistieron a la colonización de la industria y que por ello aumentaron el exterminio de estos pueblos, que venía produciéndose desde la colonia con fines de explotación de quina. Como lo veíamos anteriormente, las garantías dadas a la inversión extranjera ayudaron a que creciera de manera importante en el país, actualmente el 37% de la inversión que entra se centra en las diversas actividades de la industria de hidrocarburos. A su vez, el crecimiento de la producción petrolera ha llegado al millón de barriles a finales del 2012, con un incremento de más de 500 mil barriles desde el 2008.²

Es así como hoy en día a causa del desarrollo del país, la industria petrolera a desencadenado una serie de impactos ambientales negativos debido a la ejecución de actividades asociadas a la exploración y explotación de petróleo, donde es contaminado uno de los principales recursos con el cual Colombia sustenta sus principales riquezas ambientales y con que también se ha destacado a nivel mundial.

² Íbid. P 23.

Actualmente la contaminación del recurso hídrico en Colombia es cada día mayor, ya que las actividades realizadas por el hombre introducen graves modificaciones en los flujos de agua dentro de un ciclo, contribuyendo a su degradación, cuyas consecuencias son la pérdida de su calidad natural y por tanto la disminución del agua como recurso no renovable. Las características que presenta el agua (alto poder disolvente, capacidad termorreguladora y de absorción de determinadas radiaciones, etc.) hacen de ella el vehículo más natural de eliminación de residuos generados por la acción humana, que en la actualidad, se han incrementado considerablemente como consecuencia del desarrollo económico descontrolado y del aumento de la población.

La Política para la Gestión Integral del Recurso Hídrico surge como la culminación de una serie de iniciativas por parte del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT para establecer directrices unificadas para el manejo agua en el país, que además de apuntar a resolver la actual problemática del recurso hídrico, permiten hacer un uso eficiente del recurso y preservarlo como una riqueza natural para el bienestar de las generaciones futuras de Colombianos.

Principalmente se destaca que el presente documento está estructurado inicialmente con una identificación de los antecedentes normativos, de política y el marco institucional, posteriormente contiene un diagnóstico general del estado del recurso hídrico y de la gestión del agua en Colombia. Finalmente, presenta la visión, los principios, los objetivos, las estrategias, líneas de acción y metas generales para la gestión integral del recurso hídrico en Colombia.

Concretamente la Política surge de lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2006-2010 “Estado Comunitario: Desarrollo para Todos”³, que

³ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico en Colombia, 2010.

en su capítulo 5 “Una gestión ambiental y del riesgo que promueva el desarrollo sostenible” incorporó como una de sus líneas de acción, la denominada gestión integral del recurso hídrico (GIRH). Este componente, plantea el reto de garantizar la sostenibilidad del recurso, entendiendo que su gestión se deriva del ciclo hidrológico que vincula una cadena de interrelaciones entre diferentes componentes naturales y antrópicos. El PND estableció además, que se requiere abordar el manejo del agua como una estrategia de carácter nacional desde una perspectiva ambiental e integral que recoja las particularidades de la diversidad regional y las potencialidades de la participación de actores sociales e institucionales.

Parte de la concepción de que el agua es un bien natural de uso público administrado por el Estado, a través, de las corporaciones autónomas regionales, las de desarrollo sostenible y las autoridades ambientales urbanas. Se reconoce además, el carácter estratégico del agua para todos los sectores sociales, económicos y culturales del país. Por lo tanto, esta política resulta ser transversal para otras esferas de la acción pública y para los diversos usuarios en todas las regiones del país; no obstante, se enmarca dentro de las estrategias de la Política Nacional de Biodiversidad, que comprenden la conservación, el conocimiento y la utilización sostenible de los recursos naturales y de la biodiversidad del país.

Este documento, determina y establece información relevante en cuanto a la cualificación y cuantificación del recurso hídrico en, a partir, de una gestión integral del recurso y los diferentes usos establecidos en nuestro país incluido el uso industrial.⁴

⁴ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico en Colombia, 2010.

Según la Política Nacional de la Gestión Integral Del Recurso Hídrico⁵, en la relación con la oferta y disponibilidad de agua, las estimaciones realizadas por el IDEAM en sus diferentes estudios, anotan que la escorrentía superficial per cápita total del país, es de 57000 metros cúbicos al año, en cuanto a la oferta neta en la cual se incorporan reducciones tanto por alteración de la calidad como por regulación natural, se alcanzan apenas los 1260 km que corresponden a una disponibilidad de 34000 metros cúbicos por persona al año. En las condiciones de año seco consideradas, esta disponibilidad se reduce a 26700 metros cúbicos por persona al año. En ese orden de ideas, la riqueza hídrica colombiana se manifiesta en la favorable condición de almacenamiento superficial, representada por la existencia de cuerpos de agua lenticos, distribuidos en buena parte de la superficie total y por la presencia de enormes extensiones de ecosistemas de humedales. Del volumen total de escorrentía anual, 1,81% se almacena superficial y temporalmente de la siguiente manera: 0,47% en pantanos, 1,30% en lagos naturales y, 0,04% en los páramos, constituyéndose en la oferta de almacenamiento ambiental que bajo ciertas condiciones racionales es utilizada, bien para otros usos productivos o para el funcionamiento de los sistemas naturales. (IDEAM -SIAC, 2001) Como se menciona anteriormente, en Colombia la oferta natural no se distribuye homogéneamente entre regiones, por lo cual, se presenta en algunas zonas con mucha abundancia mientras que en otras es muy escasa, esto debido a la alta variabilidad espacial y temporal.ⁱ⁶

La región de la Orinoquia es representada por las cuencas altas de los ríos Arauca y Casanare, estas registran escorrentías medias en la parte alta de 4400 mm, mientras que en la sabana araucana desciende a los 1400 mm, en la zona central (sabanas de los Llanos Orientales y cuencas altas de los ríos Meta y Guaviare)

⁵ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico en Colombia, 2010.

⁶ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico en Colombia, 2010.

alcanza valores entre los 2200 mm y 2400 mm, en las laderas de la cordillera Oriental presenta valores entre 1400 mm y 1700 mm.⁷

En el mes de marzo de 2010, se lleva a cabo el Comité Química e Ingeniería: debido a la Afectación de los Recursos Hídricos por Derrames de Hidrocarburos, aquí se tratan varios temas de importancia ambiental en cuanto a la contaminación del recurso hídrico por derrames de Hidrocarburos, es necesario entonces la implementación de planes eficientes de seguimiento y control en los procesos operativos de las Plantas, además de establecer alianzas estratégicas entre Gobierno y empresas, a fin de solventar las necesidades de la población más afectada, todo con el objetivo de poder disminuir los impactos sociales, económicos y ambientales generados.

El agua al ser reconocido como un medio de vida, se ubica como una sustancia fundamental para los procesos biológicos, y tiene como consecuencia un impacto en los ecosistemas. Por lo tanto, al producirse algún tipo de descarga de contaminación en las aguas, puede modificar sus características y afectar drásticamente el sistema natural de los medios acuáticos. Los ríos poseen una determinada capacidad para restituir su propio equilibrio, sin embargo, si la carga contaminante es muy alta, la recuperación es muy lenta y pueden producirse alteraciones irreversibles. Cuando el petróleo entra en el agua, inmediatamente se producen una serie de procesos físicos, químicos y biológicos de fragmentación, dispersión y degradación de los hidrocarburos, que alteran a estos ecosistemas de manera significativa.

Estos procesos ocurren en lapsos que van desde pocas, hasta varios años. El primero de ellos es el esparcimiento, siguiendo con la evaporación y la disolución de hidrocarburos en el agua; luego lentamente ocurre la emulsificación, sedimentación, biodegradación y foto-oxidación.

⁷ Ibid. P 25.

En esta política, se establece la gran importancia que tiene el agua como recurso natural, por lo cual, se debe tener una mayor precisión en cuanto al nivel de respuesta, por parte de las autoridades responsables al momento de presentarse eventos negativos como un derrame de petróleo.⁸

⁸ SANCHEZ Juan, VENAMCHAM COMITÉ AL DÍA. Comité Química e Ingeniería: Afectación de los Recursos Hídricos por Derrames de Hidrocarburos, Marzo de 2012.

3. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Las actividades realizadas por el hombre introducen graves modificaciones en los flujos de agua, cuya consecuencia es la pérdida de su calidad natural y por tanto su disminución en las bondades del mismo. Las características que presenta el agua (alto poder disolvente, capacidad termorreguladora y de absorción de determinadas radiaciones, etc.) hacen de ella un vehículo natural de eliminación de residuos generados por la acción humana, que en la actualidad, se han incrementado considerablemente como consecuencia del desarrollo económico descontrolado y del aumento de la población.

La contaminación de origen industrial es una de las que produce un mayor impacto, por la gran variedad de materiales y fuentes de energía que pueden aportar al agua: materia orgánica, metales pesados, variaciones en la acidez y alcalinidad del pH y temperatura, radioactividad, aceites, grasas, etc. Entre las industrias más contaminantes, se destaca la industria del petróleo.

En esta industria, desde el inicio del proceso de exploración de hidrocarburos, se encuentra involucrado el uso del recurso hídrico en cada una de las actividades de exploración. La principal dificultad, radica en poder evaluar y caracterizar la eficiencia de las estrategias, metodologías, tratamientos y técnicas que permiten realizar un control efectivo de la afectación en el recurso hídrico.

La perforación es un proceso que consiste en realizar en el subsuelo un hueco vertical, inclinado u horizontal para alcanzar profundidades que van en promedio de 3 a 6 kilómetros de largo con el objetivo de llegar a sitios desconocidos como formaciones posiblemente productoras que pueden tener hidrocarburos o gas condensado o una mezcla de estos. Lo que pretende con la perforación de pozos exploratorios es confirmar la existencia en la zona de estructuras geológicas que

contengan yacimientos de hidrocarburos, esta actividad se puede establecer si la reserva es comercial y explotable ya que esto es el centro o motivo de todas las actividades realizadas. Para tener una definición concreta sobre la existencia o no de crudo se eligen las zonas con mayor probabilidad para realizar los llamados pozos exploratorios; en esos pozos se define la viabilidad de la explotación del recurso mediante las pruebas de producción.

Cerca del pozo productor se perforan otros pozos, también exploratorios que se conocen como pozos de extensión, con estos se determina que tan grande es el yacimiento, Después de descubierto el tamaño del yacimiento los pozos exploratorios que resultaron productores sirven para extraer el petróleo. En el campo petrolero se perforan otros pozos llamados de desarrollo. La perforación de un pozo puede durar varios meses, donde se ubican las zonas de producción y se inicia la construcción de las plataformas de producción.

Los proyectos petroleros exploratorios (perforación) constan de dos etapas importantes, en primera medida la etapa de obras civiles, la cual consiste en construir e implementar la totalidad de las estructuras asociadas a la exploración de pozos. Durante esta etapa, se requiere de la utilización de agua, para la construcción de estructuras en concreto como cunetas perimetrales, skimmer, placas, diques de contención, casetas de seguridad. Otra actividad que demanda la utilización del recurso es la implementación de unidades sanitarias para el uso diario de los trabajadores y a su vez esta genera aguas de tipo residual domestico.

Es por lo anterior, que dentro del licenciamiento ambiental de las actividades a ejecutar, se encuentra autorizada la captación de agua determinada para uno o varios cuerpos de agua. Pero desafortunadamente en algunos casos, la captación resulta ser mayor al caudal ecológico que posee el cuerpo de agua, a pesar de las mediciones de caudales reportados por las diferentes estaciones climáticas del IDEAM, por lo cual trae consecuencias muy graves para el mismo,

desencadenando así en algunos casos el agotamiento del recurso hasta causar sequia total y por ende la pérdida de la hidrobiota.

En segundo lugar, en la etapa de perforación de pozos, también, se requiere la utilización de agua. Esta actividad consiste en un equipo de perforación convencional por rotación, por el cual funciona por fuerza hidráulica en las boquillas y peso sobre la broca, además de la fuerza de rotación que se imprime en la superficie. Durante esta etapa el lodo se bombea por medio de una manguera de lodo, pasando por medio de una tubería de peso y de unas botellas; luego el lodo sale a través de las boquillas de la broca y sube hasta la superficie, por medio del espacio anular entre la tubería y las paredes del hueco. Cuando el lodo llega la broca, se presenta un aumento de velocidad a causa de las boquillas.

Esta presión permite que el lodo limpie el fondo del hueco y retorne a la superficie. En el momento en que el lodo retorna, trae consigo los cortes de perforación y algunas veces dilución de aguas de las formaciones geológicas del subsuelo. El fluido que regresa a superficie pasa por el equipo de control de sólidos, donde los cortes de perforación son separados para ser tratados y dispuestos; el lodo es retornado a los tanques de lodo donde se hace el ajuste de sus propiedades reológicas para ser dispuesto finalmente o para ser reutilizado.⁹ Los cortes de perforación están compuestos de una mezcla heterogénea de rocas, cuya composición depende de la estratología local, que puede incluir metales pesados, sustancias radioactivas u otros elementos contaminantes. Pueden contener en mayor o menor grado por hidrocarburos. Son pues agentes contaminantes. Entre mayor es la profundidad a la que se perfora, se generan mayor cantidad de desechos, los mismos que contienen niveles más altos de toxicidad.

Posteriormente al realizar estas actividades, se generan residuos líquidos con alto potencial contaminante por sus concentraciones de sólidos en suspensión, trazas

⁹ Evaluación de Impacto Ambiental del APE-CPO9, ECOPETROLS .S.A,

de aceite, presencia de sustancias químicas y metales pesados entre otros, estas son denominadas aguas residuales industriales y requieren ser tratadas de una manera especial y su disposición final no se puede realizar mediante vertido a un cuerpo de agua. Adicionalmente, estas actividades también llevan consigo la generación de aguas residuales domesticas, debido a la instalación de unidades sanitarias para el uso de los trabajadores y las originadas en el casino, donde son elaborados los alimentos para consumo diario.

En el momento de la generación de aguas residuales domesticas (ARD), la empresa encargada debe realizar una serie de tratamientos previos a su disposición final de vertido a un cuerpo de agua. Pero estos tratamientos no suelen ser suficientes para volver a alcanzar las condiciones iniciales de calidad con que contaba el recurso, debido a que los procesos de las plantas de tratamiento no cuentan con la eficiencia requerida para el cumplimiento de los parámetros de calidad físico química.

Finalmente, la contaminación originada por las actividades petroleras es una de las más impactantes al recurso hídrico, por la gran variedad de materiales y fuentes de energía que pueden verter al agua: materia orgánica, metales pesados, incremento de pH y temperatura, radioactividad, aceites, grasas, etc. Esta se encuentra entre las industrias más contaminantes y que más aportan al deterioro del recurso¹⁰.

El presente trabajo de grado pretende a través de un análisis diagnóstico evaluar el impacto al recurso hídrico para proponer una propuesta de control para evitar el daño de esta microcuenca.

¿Será que con una propuesta sustentada por un diagnóstico científico ayudará a mejorar la sustentabilidad de la región?

¹⁰ Ibid. P 47

4. JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial Colombia siempre ha sido considerada como un país rico en recurso hídrico, pero con el pasar de los años el hombre se ha encargado de utilizarlo y a la vez de contaminarlo, debido a la gran variedad de actividades que impactan a este elemento natural. Por lo anterior, este proyecto a través de una caracterización de la afectación del recurso hídrico a raíz de la ejecución de actividades de exploración de hidrocarburos específicamente para el proyecto Bloque Tiple localizado en el departamento del Casanare y del Meta busca identificar una causa raíz que cause la contaminación del agua y con esta realizar una propuesta adecuada a la situación particular.

Este proyecto de grado, de una manera innovadora pretende de una forma simple solventar un problema real y establecer una metodología de cómo resolver una situación adversa para el medio ambiente para que pueda ser utilizado por entes gubernamentales o privados en otros casos donde se puedan o se presenten problemas del recurso hídrico.

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer estrategias de control enfocadas al manejo del impacto ambiental, generado por el vertimiento de aguas residuales a tres (3) caños o quebradas del área de influencia directa, pertenecientes al proyecto de Perforación Exploratoria en el área Bloque Tiple.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el proceso de vertido a tres (3) caños o quebradas del área de influencia directa por los trabajos de exploración del proyecto Bloque Tiple, para conocer la situación holística del recurso hídrico asociado.
- Evaluar los impactos ambientales al recurso hídrico anexo al proyecto exploratorio Bloque Tiple para conocer los cambios reales al recurso hídrico.

6. MARCOS REFERENCIALES

6.1. MARCO TEÓRICO

6.1.1. AGUA

El agua es un cuerpo formado por una combinación de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno, es líquido, inodoro, insípido, en pequeña cantidad incoloro y verdoso en grandes masas, refracta la luz, disuelve muchas sustancias, se solidifica por el frío y se evapora por el calor.

El agua es el elemento más fundamental que existe. Ocupa la mayor parte del planeta, por eso desde el espacio solamente se ve una inmensa capa azul. Hace millones de años, gracias a esta sustancia pudieron desarrollarse los primeros signos de vida, los que muchísimo tiempo después saldrían de ella para vivir en tierra firme. Pero aún hoy en día, ningún habitante de la tierra es capaz de sobrevivir sin ella.¹¹

6.1.2. CAPTACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES

Son consideradas con esta denominación las aguas de los ríos, lagos, caños y arroyos. Los aspectos fundamentales de este tipo de captación son la elección del tipo de toma a construir y la ubicación de la misma.

En países tropicales, los ríos y arroyos a menudo tienen una gran fluctuación estacional en su caudal. Esto afecta la calidad del agua en períodos de lluvia, el agua puede tener un bajo contenido de sólidos disueltos, pero a menudo tiene una

¹¹ Recurso Hídrico [sitio en internet]. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Recurso_h%C3%ADrico. Acceso el 19 de septiembre de 2013.

turbiedad elevada. En periodos de seca, el caudal de los ríos es bajo y la carga de sólidos disueltos es menor diluida.

Los arroyos o corrientes montañosas llevan algunas veces una carga elevada de sedimento pero el contenido mineral es generalmente bajo y la contaminación humana está frecuentemente ausente. En llanuras y estuarios, los ríos, por lo general, fluyen lentamente excepto cuando hay una inundación. El agua puede ser relativamente clara pero casi siempre está contaminada y será necesario un tratamiento para hacerla apta para propósitos de bebida y usos domésticos.

Por lo general la calidad de agua de río no diferirá en mucho a través de la amplitud y profundidad del lecho del río; por lo tanto, se puede colocar la captación en cualquier punto adecuado en donde se pueda extraer el agua del río en cantidad suficiente. El diseño de las obras de captación de agua de río debe ser tal que se evite el atoro y la socavación. Se debe asegurar la estabilidad de la estructura de captación aún bajo condiciones de inundación.¹²

6.1.3. CUERPO DE AGUA

Sistema de origen natural o artificial localizado, sobre la superficie terrestre, conformado por elementos físicos-bióticos y masas o volúmenes de agua, contenidas o en movimiento¹³.

6.1.4. VERTIMIENTO

Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido.¹⁴

¹² Captación [sitio en internet]. Disponible en <http://captaciondeagua.blogspot.com>. Acceso el 19 de septiembre de 2013.

¹³ Capítulo II, Definiciones Decreto 3930 de 2010.

6.1.5. VERTIMIENTO PUNTUAL

El que se realiza a partir de un medio de conducción, del cual se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo.¹⁵

6.1.6. VERTIMIENTO NO PUNTUAL

Aquel en el cual no se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua o al suelo, tal es el caso de vertimientos provenientes de escorrentía, aplicación de agroquímicos u otros similares.¹⁶

6.1.7. CAPACIDAD DE ASIMILACIÓN Y DILUCIÓN

Capacidad de un cuerpo de agua para aceptar y degradar sustancias, elementos o formas de energía, a través de procesos naturales, físicos químicos o biológicos sin que se afecten los criterios de calidad e impidan los usos asignados.¹⁷

6.1.8. CARGA CONTAMINANTE

Es el producto de la concentración másica promedio de una sustancia por el caudal volumétrico promedio del líquido que la contiene determinado en el mismo sitio; en un vertimiento se expresa en kilogramos por día (kg/d).¹⁸

6.1.9. CAUDAL AMBIENTAL

Volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el

¹⁴ Íbid, Capítulo II

¹⁵ Íbid, Capítulo II

¹⁶ Íbid, Capítulo II

¹⁷ Íbid, Capítulo II

¹⁸ Íbid, Capítulo II

desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas.¹⁹

6.1.10. LODO

Es una mezcla de arcillas, agua y productos químicos utilizados en las operaciones de perforación para lubricar y enfriar la barrena, para elevar hasta la superficie el material que va cortando la barrena, para evitar el colapso de las paredes del pozo y para mantener bajo control el flujo ascendente del aceite ó del gas. Es circulado en forma continua hacia abajo por la tubería de perforación y hacia arriba hasta la superficie por el espacio entre la tubería de perforación y la pared del pozo.²⁰

6.1.11. NORMA DE VERTIMIENTO

Conjunto de parámetros y valores que debe cumplir el vertimiento en el momento de la descarga.²¹

6.1.12. PARÁMETRO

Variable que, en una familia de elementos, sirve para identificar cada uno de ellos mediante su valor numérico.²²

6.1.13. PUNTO DE DESCARGA

Sitio o lugar donde se realiza un vertimiento al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo.²³

¹⁹ Íbid, Capítulo II

²⁰ Lodo [sitio en internet]. Disponible en <http://www.petromat.biz/index-6.html>. . Acceso el 25 de septiembre de 2013

²¹ Íbid, Capítulo II

²² Íbid, Capítulo II

²³ Íbid, Capítulo II

6.1.14. CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La contaminación de las aguas por hidrocarburos en los sistemas de almacenamiento, en las fuentes de abastecimiento subterráneo y superficial, así como en otros cuerpos de agua es un hecho que ocurre con relativa frecuencia.

Este tipo de contaminación produce un cambio en las características organolépticas del agua que induce al rechazo de los consumidores, y su ingestión representa un riesgo para la salud; asimismo, el ecosistema puede sufrir afectaciones debidas al impacto negativo de estos contaminantes sobre sus diferentes componentes. Pueden presentarse de dos formas generales: puntuales y sistemáticas. Las primeras ocurren de manera fortuita en los cuerpos de agua donde generalmente no hay presencia de hidrocarburos. Las segundas son habituales y caracterizan a aquellas aguas que son contaminadas por la ejecución de actividades antrópicas como la exploración y explotación de hidrocarburos que en ellas se realiza. Por otro lado, las fuentes de la contaminación pueden ser simples o múltiples, y verter al medio uno (1) o varios componentes del petróleo²⁴

El petróleo penetra en los organismos vivos provocando inhibición de sus metabolismos y una gran acumulación de tóxicos, afectando de forma grave a su salud. El ecosistema, también se ve afectado porque este hidrocarburo desoxigena el agua destruyendo toda la vida marina. La contaminación por petróleo en el mar impide que muchas plantas acuáticas y el plancton realicen la fotosíntesis. El fitoplancton es una especie de autótrofo, porque fabrica su propio alimento. Las mareas negras impiden que los rayos solares lleguen al fitoplancton, principal alimento de otros seres marinos.

24 LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS POR HIDROCARBUROS, (7 de enero de 1999) Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Infanta No. 1158 entre Llinás y Clavel, municipio Centro Habana, Ciudad de La Habana, Cuba. CP 10300.

Otras graves consecuencias de la contaminación por hidrocarburos, es que la película que se adhiere a las plumas de las aves y a la superficie de los animales provoca que estos no puedan volar, caminar o nadar. La alta exposición a los componentes tóxicos del petróleo puede provocar la mortandad de muchas especies. No sólo el petróleo crudo es contaminante, los productos refinados como el Full Oil dañan al medio ambiente y provocan desastres naturales. Estos derivados son solubles en el agua, y además poseen una degradación muy lenta.

La contaminación petrolífera ha dañado las zonas costeras de ríos y mares perjudicando la vida animal y las actividades económicas de esas regiones. Los ecosistemas marinos expuestos a grandes cantidades de petróleo crudo necesitarán más de 3 años para recuperarse y los que han sido contaminados con petróleo refinado requerirán unos 10 años.

Adicionalmente la industria petroquímica, genera problemas al incorporar compuestos químicos complejos al recurso hídrico. Por otra parte, el sistema de conducción (oleoductos y gasoductos) es vulnerable y los derrames de crudo modifican negativamente la calidad del agua y por ende de la biota allí presente (una parte se dispersa como una película superficial obstruyendo el intercambio gaseoso entre la atmósfera y el agua, se adhiere a las plantas y a los animales dificultando los respectivos procesos de fotosíntesis y respiración; otra parte se puede depositar en el fondo de los cauces de agua afectando de manera directa a flora y fauna bentónica, entre otros efectos). La industria de extracción de petróleo y metales preciosos e industriales genera a través de las aguas de relave de sus minas y de las operaciones de extracción, cantidades importantes de metales, hidrocarburos, partículas de carbón y sedimentos que se distribuyen difusamente en el recurso hídrico, transportándose muchas veces a distancias considerables de los puntos de emisión.

La mayoría de los desastres petrolíferos que pasan en el mar, sobre todo cerca de las costas, donde los ecosistemas son más diversos y llenos de millares de diferentes especies. Los peces pueden incorporar contaminantes orgánicos persistentes y los depredadores que los consumen transmiten el envenenamiento petrolero de un animal a otro por la cadena alimenticia, poniendo en riesgo incluso la seguridad en la alimentación humana. Cuando se ha materializado un derrame de petróleo, la superficie del mar queda con una especie de capa oscura, la cual obstruye el paso de la luz y como consecuencia afecta el proceso de la fotosíntesis de muchos de los organismos primarios, y de allí también se afecta el resto de la cadena trófica de los ecosistemas.

El petróleo queda impregnado en los sedimentos de las costas y el suelo queda con la misma capa donde afecta también los organismos que allí viven. El ecosistema costero no se puede regenerar ya que esta película de hidrocarburo impide el crecimiento de nuevas plantas. Las playas a las cuales llega esta contaminación son forzadas a cerrar debido a que es una amenaza para la salud pública el contacto con la piel.

Económicamente, las mareas de petróleo dejan sin trabajo a miles de marineros y mariscadores, y también, obligan a instituciones y administraciones a realizar un gran esfuerzo económico para ayudar en las labores de limpieza y restauración del desastre. Cuando un incidente de estos sucede, el mar presenta una variedad de cambios intrínsecos además de los que se pueden ver, pues también son afectadas sus propiedades físicas y químicas. Meteorización, así es llamado el proceso al que da lugar un derrame de este tipo y que tiene una duración indefinida. Este proceso puede cambiar las características del hidrocarburo tal como su composición química así como también las condiciones meteorológicas del lugar, es decir la temperatura y el estado del mar.

6.1.15. PARAMETRO

Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad del agua.²⁵

6.1.16. CONDUCTIVIDAD

Capacidad del agua líquida para transportar una carga eléctrica la cual está directamente relacionada con la concentración de iones. La conductividad del agua es un valor muy utilizado para determinar el contenido de sales disueltas en ella²⁶.

6.2. MARCO GEOGRAFICO

El área del proyecto de perforación exploratoria Bloque Tiple posee una extensión de 24273,25 Ha, se encuentra localizada en el Departamento de Casanare, Municipios de Maní y Tauramena, la cual hace parte de la cuenca del río Meta, en las coordenadas de origen Bogotá reportadas en la Tabla 1, adicionalmente en la Figura 1 se puede detallar la localización geográfica del proyecto.

El municipio de Tauramena limita por el oeste con los municipios de Villanueva y Monterrey, por el noroeste con los municipios de Recetor y Chámeza, por el noreste con Aguazul, por el este con el municipio de Maní y por el sur con el Departamento del Meta, siendo el Río Meta la frontera de Tauramena y Maní (Departamento del Casanare) con el Departamento del Meta.

²⁵ Parámetro [sitio en internet]. Disponible en <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/NMX-AA-073-SCFI-2001.pdf>. Acceso el 25 de septiembre de 2013.

²⁶ Conductividad [sitio en internet]. Disponible en <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/NMX-AA-073-SCFI-2001.pdf>. Acceso el 25 de septiembre de 2013.

El municipio de Maní, por su parte, limita por el oeste con el municipio de Tauramena, por el noroeste con el municipio de Aguazul, por el noreste con El Yopal, por el este con el municipio de Orocué y por el sur con el Departamento del Meta²⁷.

Tabla 1 Coordenadas del Bloque de Perforación Exploratoria Tiple

VÉRTICE	COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ	
	ESTE	NORTE
A	1.164.994	987.894
B	1.189.933	987.894
C	1.185.422	977.746
D	1.174.759	977.745
E	1.164.994	974.258

Fuente: EIA Bloque de Perforación Exploratoria Tiple, agosto de 2008

²⁷ EIA Bloque de Perforación Exploratoria Tiple, agosto de 2008

Figura 1. Localización Geográfica del Bloque



Fuente: Realizado por el autor usando la herramienta Geodatabase, Septiembre de 2013.

Por otra parte en la Tabla 2 presentan las veredas del área de influencia directa Proyecto de Perforación Exploratoria Tiple.

Tabla 2 Municipios y Veredas Influencia Directa

MUNICIPIOS	% área del municipio dentro del área del proyecto	VEREDAS
Maní	4.08%	San Joaquín de Garibay
Tauramena	95.92%	Vigía-Trompillos, La Urama, Tunupe y Carupana

Fuente: EIA Bloque de Perforación Exploratoria Tiple, agosto de 2008

6.2.1. Área de Influencia Directa

El Área de Influencia Directa (AID) del proyecto corresponde a la extensión de territorio sobre el cual se generan los efectos directos sobre los medios físico y biótico del área del Bloque Exploratorio Tiple. Específicamente, el área de influencia directa corresponde al área delimitada por el Bloque de Perforación Exploratoria Tiple y específicamente a las áreas ocupadas por las microcuencas

de los caños Güira, Güiripa y Orocuecito, hasta su desembocadura en el río Meta. Sobre esta **AID** se hará la descripción de los componentes ambientales con sus respectivos análisis de impactos.

Para el Componente socioeconómico y cultural comprende el área en el cual se realiza la intervención por la operación exploratoria del Bloque Tiple. El área de interés tiene las veredas San Joaquín de Garibay, Vigía Trompillos, Urama, Tunupe y Carupana como área de influencia directa del proyecto,

6.2.2. Área de Influencia Indirecta

El Área de Influencia Indirecta (AII) cubre una extensión mayor de territorio y está orientada al análisis de los efectos socioeconómicos de la operación del Bloque Tiple. Para este caso particular el AII está representada por el Municipio de Tauramena y Maní en el Departamento de Casanare. Desde el punto de vista político y administrativo, estos municipios tienen injerencia directa en el desarrollo del proyecto, por lo cual el análisis de los aspectos socioeconómicos se centró en los mismos²⁸.

²⁸ EIA Bloque de Perforación Exploratoria Tiple, agosto de 2008

6.3. MARCO LEGAL

A continuación se detalla la normatividad legal vigente que aplica para la presente investigación, tal y como se puede apreciar en la Tabla 3, donde:

Tabla 3 Marco legal y normativo

NORMA	ENTE QUE LA EXPIDE	OBSERVACIONES
Constitución de Colombia	Constituyente	<ol style="list-style-type: none"> 1. Artículo 79: Derecho a un ambiente sano. 2. Artículo 80: La Licencia Ambiental es un instrumento de planificación ambiental dentro de la gestión ambiental. 3. Artículo 95: Cuidado de los recursos naturales. 4. Artículo 333: Función ecológica de la propiedad.
Decreto – ley 2811 de 1974	Presidencia de la República.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Constituye uno de los pilares de la Política Ambiental en Colombia. En éste se establecen muchas de las normas y regulaciones aún vigentes en el país, relacionadas con el medio ambiente. 2. El artículo 27 establece la declaración de efecto ambiental
Ley 99 de 1993	Ministerio del Medio Ambiente, hoy MAVDT.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se reorganiza el sector ambiental, se organiza el Sistema Nacional Ambiental – SINA- 2. El ministerio del Medio Ambiente está en la obligación de expedir las políticas nacionales encaminadas a la protección ambiental y el manejo de los recursos naturales. 3. El título VIII de las Licencias Ambientales, establece la obligatoriedad de obtener la Licencia todo proyecto que produzca deterioro grave a los recursos naturales renovables o el medio ambiente o introduzca modificaciones notorias al paisaje. 4. Habla del Diagnóstico Ambiental de Alternativas y el Estudio de Impacto Ambiental que debe ser presentado para la obtención de la Licencia. 5. Establece las competencias de las Corporaciones Autónomas Regionales y el Ministerio en el otorgamiento de Licencias Ambientales.
Decreto 1594 de 1984	Ministerio de Salud Publica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Límites máximos permisibles para vertimientos de aguas residuales en cuerpos de agua. <p>Permiso de ocupación de cauces, de vertimientos y de uso de agua.</p>
Decreto 2820 de 2010	MAVDT	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reglamenta el Título VIII de la Ley 99 del 93, referente a Licencias Ambientales. 2. Establece la competencia del Ministerio en el otorgamiento de Licencias Ambientales para los proyectos de exploración y explotación

NORMA	ENTE QUE LA EXPIDE	OBSERVACIONES
		de Hidrocarburos en el territorio nacional. 3. Reglamenta el trámite administrativo para la obtención de la Licencia Ambiental. 4. Establece los Estudios Ambientales que deben ser presentados para obtener la Licencia Ambiental.
Ley 1333 de 2009	Congreso de la República	1. Se establece el régimen sancionatorio ambiental a los infractores de las normas ambientales.
Resolución 120 de 2009	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	1. Por el cual se otorga licencia ambiental al proyecto de perforación exploratoria en el área Bloque Tiple.
Resolución 1544 de 2006	MAVDT	Acoge los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para los proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos.
Decreto 3930 de 2010	MAVDT	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo 11 del Título VI-Parte II I- Libro 11 del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

Fuente: Compilado por el Autor, 2013

7. ALCANCE Y LIMITACIÓN

El alcance de este proyecto es caracterizar y evaluar la afectación del recurso hídrico específicamente por el proceso de vertido realizado a tres (3) caños o quebradas del área de influencia directa y el Rio Meta como indirecta por la ejecución de actividades de exploración en el Bloque Tiple.

El trabajo se realizará en los dos (2) semestres de la especialización.

8. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

➤ FASE 1 DE LA INVESTIGACIÓN

Durante la fase de investigación, se revisan y analizan los diferentes documentos de interés como los Estudios de Impacto Ambiental y Planes de Manejo Ambiental del proyecto, mediante el cual las empresas proponen sus propias medidas de manejo y control ambiental durante la ejecución de los proyectos de perforación exploratoria.

La presente fase de investigación será dividida en tres (3) etapas, que se desarrollan a continuación:

1. En primera medida, se realiza la descripción general del entorno donde es desarrollado el proyecto de perforación exploratoria Bloque Tiple, mediante la descripción de los componentes abiótico, biótico y socioeconómico
2. En segunda medida, se pretende realizar la descripción técnica de las actividades que se llevan a cabo durante a etapa de perforación exploratoria para pozos de hidrocarburos (sistemas y procesos de perforación).
3. Finalmente, la última etapa consiste en describir el manejo ambiental que se realiza a los residuos líquidos generados durante la etapa de perforación exploratoria.

➤ **FASE 2 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS MONITOREOS FISICOQUIMICOS**

Para la segunda fase del presente proyecto, se realiza un análisis multitemporal, donde su propósito primordial es el de comparar los resultados de los monitoreos físico químicos tomados durante la etapa previa del proyecto (línea base) y en la etapa de perforación exploratoria. Posteriormente después de haber obtenido los resultados se procederá a realizar una caracterización ambiental de los principales parámetros que se encontraron por fuera de los límites permisibles de la norma, en este caso el Decreto 1594 de 1984, para poder diagnosticar el impacto ambiental generado durante las actividades de vertido a los tres (3) caños

➤ **FASE 3 ELABORACIÓN DE LAS PROPUESTA DE CONTROL**

Finalmente como producto del desarrollo de las fases 1 y 2, se obtendrán unos resultados que permite evaluar la efectividad de los tratamientos adoptados por la empresa para el manejo de las aguas residuales domesticas y por ende la calidad de las mismas en base al cumplimiento de los parámetros establecidos por la normatividad colombiana para vertimientos. Posteriormente dicha evaluación será el punto de partida para diseñar y proponer estrategias de control que permitirían ejercer un control más efectivo sobre las aguas residuales en cuanto a su disposición final.

9. RESULTADOS

9.1. CARACTERIZACION DE LA SITUACIÓN DEL PROCESO DE VERTIDO DE LOS PROYECTOS DE EXPLORACIÓN PETROLIFERA

En el presente numeral, se presenta una descripción físico-biótica del área intervenida por el proyecto de perforación exploratoria Bloque Tiple., adicionalmente, se describen las obligaciones autorizadas en la Resolución 120 de enero de 2009, para tener claridad frente a las actividades de vertido autorizadas versus lo ejecutado por la empresa. Finalmente, se realiza la caracterización de los vertimientos generados específicamente por las actividades de perforación de los pozos Jilguero Sur, con el fin de establecer las características de las aguas residuales para el proceso de vertido causado a tres (3) caños o quebradas del área de influencia directa.

9.1.1. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

9.1.1.1. Descripción del Componente Abiótico

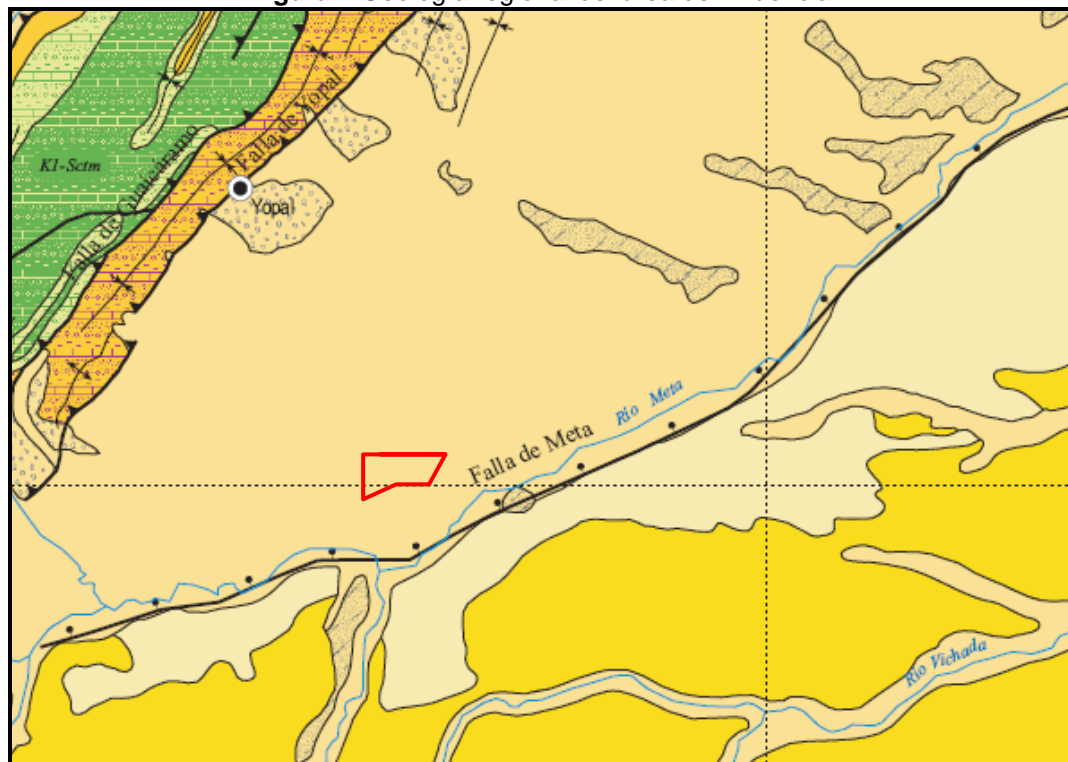
a. Geología

La zona de estudio, se encuentra localizada en la megacuenca de sedimentación de los Llanos Orientales, en un área de origen marino y continental, cuyo basamento es el escudo Guayanés, de edad Precámbrica. Es una superficie extensa de aplanamiento con algunas altillanuras de sedimentación, conglomerados de cantos de areniscas ferruginosas Terciarias y arcillolitas fluviales, arenas arcillosas y gravillas con niveles duros ferruginosos del Cuaternario.

Los sedimentos cuaternarios de la zona de estudio provienen principalmente de la erosión de la Cordillera Oriental y aparecen cubriendo las unidades terciarias del subsuelo, con un espesor estimado en 100 metros.

Por tratarse de una zona distal del piedemonte, se compone de sedimentos que se disponen en series alternantes, con predominio de materiales arcillosos y arenosos respectivamente, la presencia de gravas y material conglomeráticos es reducida aunque en profundidad es probable la presencia de estos materiales. La pendiente del área es muy baja, con un porcentaje inferior al 5% en promedio, tal y como se puede apreciar la Figura 2:

Figura 2 Geología regional del área de influencia



Fuente: EIA Bloque de Perforación Exploratoria Tiple, Agosto de 2008.

Depósitos Aluviales: son los depósitos transportados por los drenajes del área, conformada la llanura actual de inundación. Se componen de arenas y limos, dispuestos sobre una pendiente inferior al 5%. Esta unidad la rompe algunos

escarpes de hasta 4 m de altura que cae sobre caños que hacen incisión en los depósitos de la llanura.

Depósitos Aluviales Recientes: son depósitos transportados por corrientes como los caños Güira, Orocuecito y Güirripa en su lecho actual. Se componen principalmente de arenas y arcillas.²⁹ A continuación se detalla en las siguientes imágenes:

Imagen 1. Depósitos Cuaternarios en las Orillas del Caño Güira



Fuente: EIA Bloque de Perforación Exploratoria Tiple

²⁹ Concepto técnico evaluación Licencia Ambiental Bloque de perforación Exploratoria Tiple, 2008

Imagen 2. Depósitos Cuaternarios en las Orillas del Caño Orocuecito



Fuente: EIA Bloque de Perforación Exploratoria Tiple

b. Hidrología

El Bloque Tiple, correspondiente a la zona de estudio, se encuentra ubicado en jurisdicción de los Municipios de Tauramena y Maní en el Departamento del Casanare. Las corrientes del área de estudio pertenecen a la Vertiente de la Orinoquía y a la Cuenca del río Meta. Geológicamente hace parte de la llanura de inundación y/o valle de la margen izquierda del río Meta y las áreas aluviales y de las microcuencas de los Caños Guira, Barro Grande, Orocuecito, Gurripa y La Palmita, como puede apreciar en la Figura 3.

El Bloque Tiple está localizado en el sector suroccidental del Departamento del Casanare, cerca de la línea de frontera con el Departamento del Meta. El drenaje presente en el área de influencia del Bloque Tiple, discurre en dirección NW-SE hacia la margen izquierda del valle del río Meta, el cual corresponde a la principal corriente del sector.

CASANARE

ARAUCA

BOYACA

YOPAL

VICHADA

META

CONVENCIONES

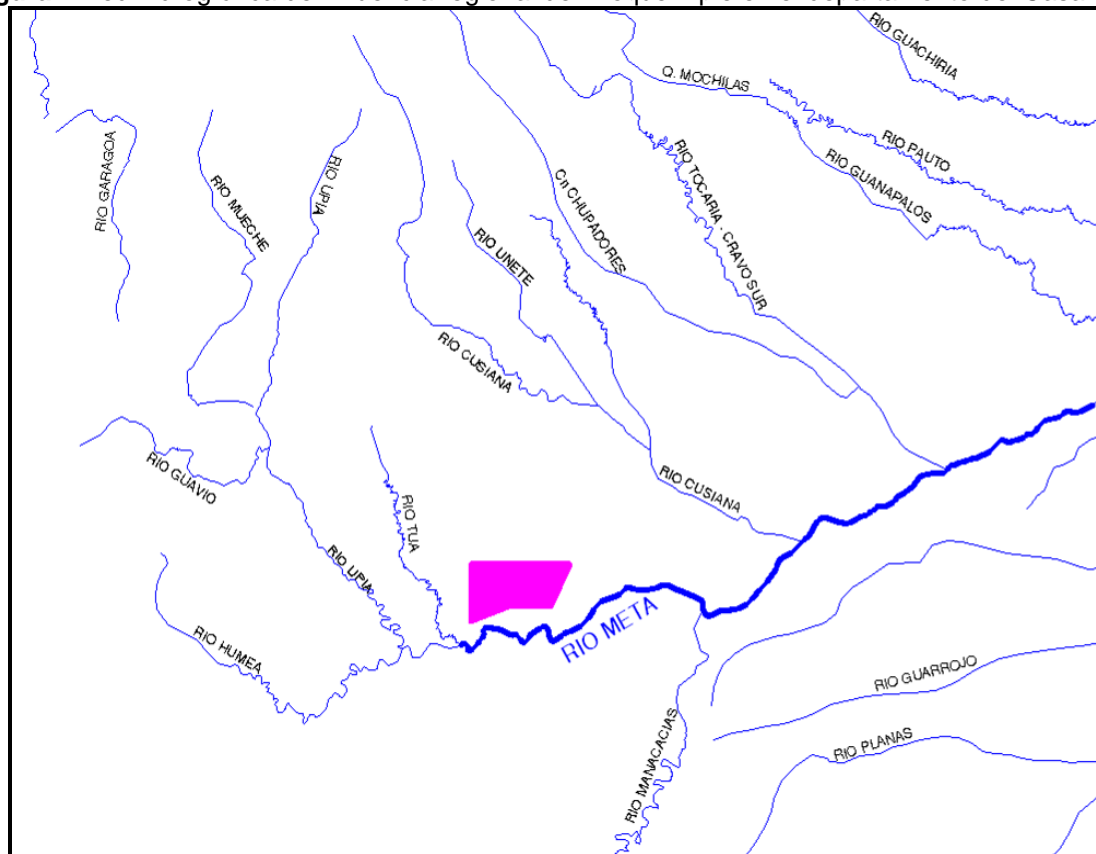
- Capital del Departamento
- Cabecera Municipal o Población
- Río
- Carretera sin Pavimentar
- Aeropuerto

El área de drenaje del Bloque Tiple se encuentra subdividida en varios escenarios hidrográficos enmarcada dentro de la dinámica fluvial del río Orinoco a nivel regional y a nivel local del río Meta, dentro de una zona plana con una moderada densidad de cuerpos de agua, aunque la mayoría de éstos es de carácter transitorio (épocas de lluvias).

44

Colombo-Venezolana, en dirección este hasta la desembocadura en Puerto Carreño. El río Meta en el tramo superior es muy amplio, se extiende aproximadamente unos 350 km, mientras que el curso bajo entre los ríos Cinaruco en Venezuela, al norte y el Vita en Colombia, al sur, sólo tiene unos 90 km, tal y como se puede apreciar en la Figura 4.³⁰

Figura 4 Red hidrográfica de influencia regional del Bloque Tiple en el departamento del Casanare



Fuente: EIA Bloque de Perforación Exploratoria Tiple, Agosto de 2008.

³⁰ Concepto técnico evaluación Licencia Ambiental Bloque de perforación Exploratoria Tiple, 2008

c. Caudales

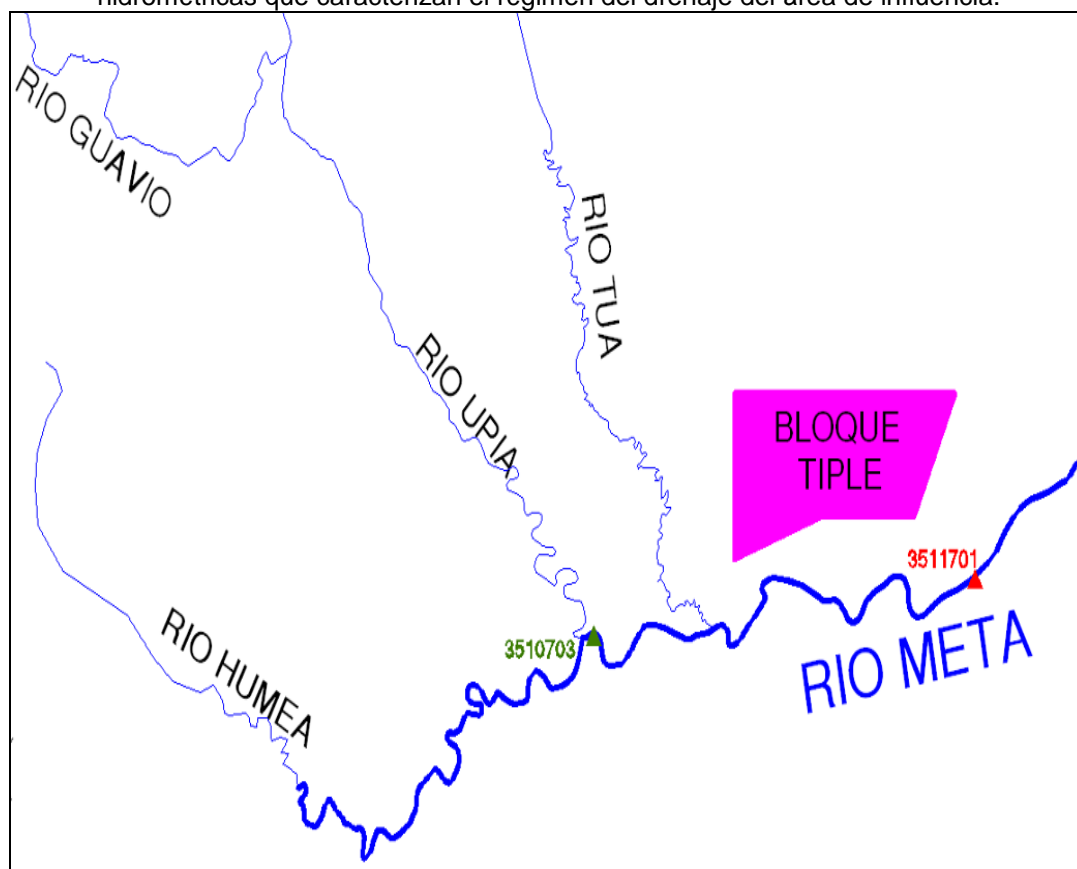
De acuerdo con los resultados obtenidos de los histogramas de las estaciones utilizadas y disponibles en el IDEAM hasta el año 2001, se pudo establecer que el río Meta y los demás drenajes ubicados en la zona de influencia del Bloque de perforación Exploratoria Tiple presentan régimen de caudales de tipo monomodal.

La distribución temporal de los caudales presenta una tendencia con un período de caudales altos correspondiente al periodo lluvioso y un periodo de caudales bajos correspondiente al periodo seco, régimen típico de la Orinoquía; observándose en promedio que los caudales máximos se presentan hacia mediados de año en los meses de junio y julio, prolongándose un mes más respecto al mes de junio, mes en el cual se presentan las mayores precipitaciones en la zona de estudio.

El periodo de invierno o de caudales altos se presenta durante los meses de abril a noviembre con valores promedios del orden de 870 m³/s a 1532 m³/s respectivamente para las estaciones Cabuyaro y Humapo en el río Meta, siendo junio el mes donde se presentan los caudales más altos, con valores promedios del orden de 1561 m³/s a 2697 m³/s respectivamente. El periodo de caudales bajos se presenta durante los meses de diciembre a marzo; con valores promedios de 225 m³/s a 430 m³/s respectivamente para las estaciones Cabuyaro y Humapo, siendo enero el mes donde se registran los caudales más bajos³¹.

³¹ EIA Bloque de perforación Exploratoria Tiple, Agosto de 2008.

Figura 5 Localización general del área de interés del Bloque exploratorio Tiple y las estaciones hidrométricas que caracterizan el régimen del drenaje del área de influencia.



Fuente: EIA Bloque de Perforación Exploratoria Tiple, Agosto de 2008.

9.1.1.2. Descripción del Componente Biótico

El área de estudio, se encuentra en la **Subregión de los Llanos Orientales** que comprende la porción de sabanas septentrionales de Sudamérica, las cuales a manera de cuña hacen presencia en el territorio colombiano, desde los ríos Arauca, Capanaparo y Meta en el noreste, hasta el Guayabero y el Guaviare en el suroeste. El subsuelo de estas sabanas, se ha conformado de materiales cenozoicos, principalmente del Terciario, tanto de origen marino como continental. El Cuaternario corresponde a coberturas de sedimentos fluviales aportados por las corrientes que cruzan las planicies y acumulaciones que el viento generó durante

las glaciaciones extendiéndolas como campos de dunas en vastas áreas del actual Llano.

Es importante mencionar que la fauna se encuentra asociada a las unidades de cobertura presentes en el área de estudio (bosques de galería y natural fragmentado, morichales, pastos y cultivos) se clasifica en términos regionales como Fauna de la Provincia Orinoquense.

Por otra parte la zona de estudio como la mayoría del territorio del departamento del Casanare ha sido intervenida drásticamente por el desarrollo agrícola, en la cual los sembradíos de arroz, particularmente, se han incrementado a cientos de miles de hectáreas en los últimos años, y más recientemente el auge del cultivo de la palma de aceite. Esta actividad involucra al sistema grandes cantidades de pesticidas y fertilizantes que terminan en las corrientes de agua; adicionalmente, los cultivos de arroz, por el gran volumen de agua que utilizan, posibilitan un hábitat atractivo para las poblaciones de aves acuáticas, especialmente patos, que por esas épocas confluyen en sus migraciones locales y transcontinentales en la región, lo cual no es necesariamente benéfico para su conservación, dado que su presencia es rechazada violentamente por los cultivadores, llegando en algunos casos a ser envenenados masivamente con cebos.

Adicionalmente, las prácticas de caza y el desarrollo ganadero han tenido un papel negativo en la conservación de importantes elementos de la fauna regional, ya que para citar algunos casos, como es el del venado llanero o caramerudo (*Odocoileus virginianus*), sus poblaciones se vieron diezmadas principalmente por su contagio con la fiebre aftosa cuando ésta aún no había sido controlada en la región, arrasando poblaciones de grandes extensiones más eficaz y rápidamente que cualquier actividad de caza ilegal. Un caso similar del efecto negativo de la ganadería ha sido el del chigüiro, cuyas poblaciones vienen sufriendo

aprovechamientos irracionales o envenenamientos masivos e ilegales para evitar la competencia con el ganado.

Aun así, aunque muchas especies pueden haber sido desplazadas o extintas para la región como el caso de la danta, las actuales se han acostumbrado a la intervención del hombre y cambios en el ecosistema y luchan por mantenerse. Los parches de vegetación a lo largo de los ríos, los esteros y humedales que sobreviven a la desecación de tierras para potreros y los zurales, morichales o matas de monte, son su último y único refugio, en donde obtienen su alimento, se reproducen, se refugian y mantienen la dinámica de sus poblaciones y de todo el ecosistema.

En el área de influencia directa de la zona de estudio los ecosistemas con los cuales la fauna establece sus relaciones, están conformados por los bosques de galería, sabanas naturales arboladas intervenidas, los morichales y, esteros y sabanas inundables³².

9.1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE VERTIDO

En este espacio, se realiza una breve descripción de los sistemas y procesos de perforación de pozos que llevan implícitos las actividades de exploración petrolera, posteriormente se hace mención de las actividades de vertido autorizadas por la Autoridad Ambiental en su momento.

³² Concepto técnico evaluación Licencia Ambiental Bloque de perforación Exploratoria Tiple, 2008

9.1.2.1. Sistemas y Procesos de Perforación

La perforación de los pozos dentro del Bloque Tiple, se realiza con el sistema de perforación convencional, en quince plataformas multipozo (15), de hasta cinco (5) pozos cada una. El hueco se perfora mediante la rotación de una broca a la cual se le aplica una fuerza en sentido descendente, por medio de la sarta de perforación. Tal fuerza, se aplica por medio de secciones de tubería pesada llamada collares de perforación, los cuales hacen parte de la sarta de perforación y se encuentran muy cerca de la broca.

Los cortes se sacan a la superficie por medio de un fluido que pasa a través de la tubería de perforación a la broca, para luego subir por el espacio anular entre el hueco y la sarta de perforación. Ya en superficie, los cortes producto de la perforación se separan del lodo mediante el equipo de control de sólidos.

Al sistema de perforación, se le incorpora la tecnología direccional para la desviación requerida de los pozos, en caso de que las condiciones de la perforación y redefinición de objetivos, así lo ameriten.

El proceso de perforación se desarrollará con equipos convencionales similares a los descritos en la Tabla 4 dichos equipos constan de seis módulos que interactúan en el sistema, cuya función se describe a continuación:

Tabla 4 Sistemas de perforación.

SISTEMA	FUNCIÓN	ELEMENTOS QUE LO COMPONEN
SISTEMA DE POTENCIA	Transmitir energía a todos los componentes del equipo que están realizando el trabajo de perforación.	Mesa rotaria, broca, bombas de lodo
SISTEMA DE LEVANTE	La función básica de este equipo es soltar o recobrar el cable de acero que sirve para bajar y sacar la sarta.	Malacate, cable de perforación, bloque de corona, bloque viajero, gancho, polea fija en el tope de la torre, polea móvil que sube y baja durante la operación, cable muerto, carrete de suministro de cable, cuñas, elevadores, indicadores de peso y torre de perforación.
SISTEMA DE ROTACIÓN	El sistema de rotación se encarga de llevar a cabo la rotación de la broca.	Unión giratoria, buje maestro, <i>kelly drive</i> <i>bushing</i> , vástago de rotación, mesa rotaria, y sarta de perforación, la cual incluye la broca.

SISTEMA	FUNCIÓN	ELEMENTOS QUE LO COMPONEN
SISTEMA DE CIRCULACIÓN	Mantener el fluido de perforación en un circuito cerrado (superficie – fondo del pozo – superficie). La unidad importante dentro del sistema de circulación es el sistema de control de sólidos, que se encarga de retirar tanto los sólidos de baja y alta gravedad específica, de acuerdo con las características que se deseen para el fluido de perforación (lodo pesado o no pesado).	Está compuesto principalmente por: zarandas vibratorias, desarenador, desarcillador y limpiador de lodo, centrifugas.
SISTEMA DE CONTROL DE POZO	Es un equipo de seguridad ubicado en la superficie, en caso de presentarse una señal de reventón, sellará y estrangulará la tubería si es necesario, impidiendo el paso de fluido del pozo hacia la superficie en forma abrupta. También permite circular el lodo por el anular para controlar el pozo, de tal forma que la formación de presión anormal sea controlada por el lodo con una densidad mayor, mediante procesos de ingeniería debidamente implementados.	- BOP (Blow Out Preventer) Indicadores de flujo - Preventoras: - Preventor anular (<i>pipe rams, blind rams, shear rams, drilling spool</i>) - Indicadores de volumen en los tanques de almacén. - Indicadores de hueco lleno - Línea de llenado – manifold

Fuente: EIA, BLOQUE DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA TIPLE, 2008

En la tabla 5, se mencionan algunos equipos temporales necesarios en la perforación.

Tabla 5 Equipos usados temporalmente en la perforación.

EQUIPO	ACCESORIOS
EQUIPO DE TRATAMIENTO DE AGUA	- Kit de elementos químicos para pruebas físico-químicas - Espectrofotómetro - Termoreactor - balanza
EQUIPO DE CEMENTACIÓN	- Bombas de desplazamiento positivo - Tanques de almacenamiento de cemento - Cabeza de cementación - Zapato guía o flotador - Collar flotador - Tapón de tope - Tapón de fondo
EQUIPO DE PRUEBAS CORTAS DE PRODUCCIÓN	- Tanques aforados de medida - Manifold - Manómetros de presión - Separador trifásico - Kit de evaluación de la calidad del crudo y agua de formación - Choques cambiables - Líneas de conducción - Cromatógrafo de gases - Válvula de flujo - Registradores de cuarzo - Tea portátil - Bombas de transferencia
OTROS EQUIPOS	- Colgador del revestimiento - Tratador para salmuera - Equipo de soldadura - Equipos de control de incendios - Revestimiento, brocas, equipo de flotación - Equipo para el transporte interno de material (como cargador) y transporte externo para personal y carga.
EQUIPOS CON FUENTES RADIATIVAS	- La única fuente radioactiva relacionada con los proyectos de perforación, corresponde a algunas herramientas utilizadas para los registros de pozo.

Fuente: EIA, BLOQUE DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA TIPLE, 2008

9.1.2.2. Manejo ambiental durante la perforación

Los procedimientos de manejo ambiental durante las actividades de perforación de pozos hacen referencia principalmente al manejo de los residuos líquidos y sólidos y al uso, aprovechamiento y afectación de los recursos naturales, para lo cual para este proyecto, específicamente se hace énfasis en los residuos líquidos.

En las áreas de trabajo, se debe contar con un programa de manejo integral para los residuos que se generen durante el proceso y otro programa correspondiente a la verificación de los permisos y autorizaciones para el desarrollo del mismo dentro de los parámetros de la normatividad ambiental vigente para la operación del Bloque de Perforación exploratorio Tiple. En el siguiente cuadro, se presenta un resumen de las principales acciones ambientales que se deben implementar durante la realización de cualquier proyecto de perforación en el área de estudio.

Tabla 6 Manejo Ambiental Durante la Perforación

MANEJO DE RESIDUOS.	
TIPO DE RESIDUO	MANEJO AMBIENTAL PROPUESTO.
Residuos líquidos domésticos (Aguas grises y aguas negras).	Se deben manejar corrientes segregadas. Las aguas grises serán tratadas en la trampa de grasas y posteriormente conducidas al sistema de tratamiento de aguas establecidas para el pozo (generalmente piscinas y/o tanques de tratamiento), para el ajuste final de los parámetros de vertimiento. Las aguas negras durante la perforación deberán ser manejadas a través de una planta compacta de tratamiento.
Residuos líquidos industriales	Estas corrientes están representadas por las aguas lluvias provenientes de áreas operativas, aguas de formación, residuos de actividades de lavado mantenimiento y funcionamiento de equipos, estas corrientes se harán pasar a través de un skimmer para la remoción de la película de aceite que las acompaña y posteriormente al sistema de tratamiento establecido para el ajuste de parámetros previo a su vertimiento. Las sustancias contaminantes presentes en esta agua son pequeñas cantidades de aceite, lubricantes, combustibles, químicos disueltos del lodo, y los residuos de cemento propios de operaciones de perforación.
Lodos	El tratamiento de los lodos base agua se realizará en la unidad de dewatering, recirculando y reutilizando el efluente para la perforación de nuevos lodos mediante la implementación de un circuito cerrado, el agua resultante del tratamiento será enviada a un sistema de tratamiento conformado por piscinas y/o tanques de tratamiento para ser manejado mediante tratamientos fisicoquímicos convencionales como floculación, coagulación aireación y estabilización previamente a su vertimiento en el sitio definido por la autoridad ambiental. La fracción sólida representada por los cortes de perforación será

MANEJO DE RESIDUOS.	
TIPO DE RESIDUO	MANEJO AMBIENTAL PROPUESTO.
	manejada mediante la estabilización, desecado y fijación mediante la adición de cal o silicatos y previamente a su disposición se realizarán los monitoreos correspondientes de acuerdo con lo establecido en la Norma Luisiana 29B. Los lodos base aceite que puedan emplearse en la perforación, se almacenarán en tanques y la empresa EMIRS, se encargará de recogerlos y llevarlos al sitio donde se realizará el tratamiento y disposición final de estos cortes de perforación.

Fuente: EIA, BLOQUE DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA TIPLE, 2008

9.1.2.3. Actividades Autorizadas mediante resolución

La Licencia Ambiental que se otorga lleva implícito el uso, aprovechamiento o afectación de los recursos naturales renovables indicados a continuación:

Captación de Agua

Para la concesión de aguas superficiales para uso industrial y doméstico en los cuerpos de agua y en los sitios y caudales que se presentan en las tablas 7 y 8:

Tabla 7 Cuerpos de agua y sitios autorizados para la captación

MICROCUENCA	ID MICROCUENCA	CAPTACIÓN				
		ID CAPTACIÓN	COORDENADA INICIO		COORDENADA FINAL	
			ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
Caño Guira	C1	CPT2	1.180.354	988.564	1.180.393	988.386
		CPT1	1.186.037	986.194	1.186.233	986.215
Caño Orocuecico Cañada Matapalma	C5	CPT5	1.172.806	984.685	1.172.936	984.551
		CPT4	1.179.709	978.632	1.179.924	978.659
Río Meta		CPT10	1.168.191	972.106	1.168.369	972.213
		CPT13	1.183.089	973.481	1.183.322	973.406

Fuente: Resolución 120 de agosto de 2009, MAVDT

Tabla 8 Caudales de captación autorizados

ACTIVIDAD	USO	REQUERIMIENTO DE AGUA (L/S)	FACTOR DE SEGURIDAD	REQUERIMIENTO TOTAL DE AGUA (L/S)	TOTAL DE AGUA REQUERIDA POR ETAPA	CAUDAL TOTAL DE AGUA REQUERIDA (M ³ /S)
CONSTRUCCIÓN	DOM	0.1	20%	0.12	1.32	0.00132
	INDU	1.0	20%	1.2		
PERFORACIÓN	DOM	1.0	20%	1.2	4.2	0.0042
	INDU	2.5	20%	3.0		
PRUEBAS DE PRODUCCIÓN	DOM	1.0	20%	1.2	3.36	0.0033

Fuente: Resolución 120 de agosto de 2009, MAVDT

Vertimientos

En la citada resolución se autoriza el vertimiento de aguas residuales industriales generadas durante el desarrollo de las actividades de perforación exploratoria del proyecto, en los puntos establecidos en la Tabla 9.

Tabla 9 Puntos de vertimientos autorizados

MICROCUENCA	ID MICROCUENCA	VERTIMIENTO			
		COORDENADA INICIO		COORDENADA FINAL	
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
Caño Guira	C1	1.180.385	988.407	1.180.513	988.227
Caño Orocuecito Cañada Matapalma	C5	1.172.936	984.551	1.172.912	984.424
Caño Guirripa	C6	1.172.040	976.473	1.171.989	976.343

Fuente: Resolución 120 de agosto de 2009, MAVDT

Adicionalmente, se establecieron una serie de obligaciones adicionales como:

- Se autoriza un caudal de vertimiento de 3.8 L/s (aguas industriales y domésticas)
- El vertimiento se deberá hacer una vez cumpla con las condiciones de vertimiento, requeridas por la legislación, en cuanto a vertimiento a corrientes hídricas. (Artículo 72 y 74 del Decreto 1594 de 1984).
- El agua deberá cumplir con los requerimientos para la destinación de consumo humano y doméstico, una vez se pase la zona de mezcla.
- El vertimiento se realizará sumergido en el río y en el centro del cauce.

De acuerdo a lo anterior, en la siguiente Figura 8, se detalla la ubicación georeferenciada de los sitios de captación y de vertimientos autorizados mediante la licencia ambiental:

Leyenda:

- [Símbolo] MEDIO ABIÓTICO
- [Símbolo] AIRE-RUIDO
- [Símbolo] HIDROLOGÍA
- [Símbolo] PUNTO MUESTREO CALIDAD AGUA
- [Símbolo] Permisos OcupacionCauce
- [Símbolo] PERMISOS VERTIMIENTO ANLA
- [Símbolo] Permisos Otorgados
- [Símbolo] A Cuerpo de Agua
- [Símbolo] A Suelo
- [Símbolo] A Cuerpo de Agua
- [Símbolo] A Suelo
- [Símbolo] PERMISOS CAPTACIÓN ANLA
- [Símbolo] DE AGUA SUBTERRÁNEA
- [Símbolo] DE AGUA SUPERFICIAL
- [Símbolo] MEDIO SOCIOECONÓMICO
- [Símbolo] MODELO MULTICRITERIO
- [Símbolo] IMAGENES SATELITE LANDSAT
- [Símbolo] Autoridades Ambientales

Escala: 1:154.099

Subdirección de Instrumentos, Permisos y Trámites Ambientales - Equipo Geomática

9.1.3. ANÁLISIS MULTITEMPORAL REALIZADO PARA EL PROCESO DE VERTIDO

55

Tabla 10 Análisis Multitemporal resultados de los monitoreos físico químicos tomados durante la línea base y etapa de perforación

PARAMETRO	UNIDADES	LÍNEA BASE			ETAPA DE PERFACIÓN			Decreto 1594 de 1984		
		CAÑO 1 Guira	CAÑO 2 Orocuecito	Caño 3 Guirripa	CAÑO 1 GUIRA	CAÑO 2 Orocuecito Cañada Matapalma	Caño 3 Guirripa	Art. 38	Art. 39	Art. 40
p H	UNIDADES	5.23	6.87	6.3	7.13	6.78	6.7	5,0-9,0	6,5-8,5	4,5-9,0
OXIGENO DISUELTO	mg/L	4.5	4.4	4.1	0.35	0.62	1.37	N.E.	N.E.	N.E.
TURBIEDAD	NTU	344	13.36	30.3	92	90	90	N.E.	10	N.E.
CONDUCTIVIDAD	μS/cm	51	32	26	150	140	150	N.E.	N.E.	N.E.
COLOR	UPC	>500	100	106	10	15	20	75	20	N.E.
CLORUROS	mg/L	<1	1	<1	6014.09	9002.88	6387.78	250	250	N.E.
CALCIO	mg/L	14	5	3	9,18	8,37	7,78	N.E.	N.E.	N.E.
DUREZA TOTAL	mg/L	20	7	6	54,00	50,10	51,80	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	24	15	12	70,00	80,00	70,00	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mL/L-h	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	0,1	0,3	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	327	15	15	46	34	39	N.E.	N.E.	N.E.
SÓLIDOS TOTALES	mg/L	377	53	41	92	90	90	N.E.	N.E.	N.E.
CARBONATOS	mg/L	<1	<1	<1	0,0001	0,0001	0,0001	N.E.	N.E.	N.E.
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L	8	13	11	55,34	58,31	58,71	N.E.	N.E.	N.E.
ACIDEZ TOTAL	mg/L	11	9	23	6,73	4,65	6,14	N.E.	N.E.	N.E.
BICARBONATOS	mg/L	8	13	11	9	10	13	N.E.	N.E.	N.E.
SULFATOS	mg/L	<0,50	<0,50	<0,50	4	4	4	400	400	N.E.
NITRATOS	mg/L	0.101	0.051	0.031	0,095	0,068	0,107	N.E.	N.E.	N.E.
NITRITOS	mg/L	0.022	0.004	0.004	0,016	0,017	0,017	1.0	1.0	N.E.
NITRÓGENO AMONIAICAL	mg/L	<0,60	<0,60	<0,60	0,8	0,8	0,8	1.0	1.0	N.E.

PARAMETRO	UNIDADES	LÍNEA BASE			ETAPA DE PERFACIÓN			Decreto 1594 de 1984		
		CAÑO 1 Guira	CAÑO 2 Orocuecito	Caño 3 Guirripa	CAÑO 1 GUIRA	CAÑO 2 Orocuecito Cañada Matapalma	Caño 3 Guirripa	Art. 38	Art. 39	Art. 40
NITROGENO	mg/L	<0,60	<0,60	<0,60	0,4	0,5	0,3	N.E.	N.E.	N.E.
FENOLES TOTALES	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	0.19	0.32	0.18	0.002	0.002	N.E.
FOSFATOS	mg/L	0.029	0.019	0.013	0,021	0,021	0,031	N.E.	N.E.	N.E.
FÓSFORO TOTAL	mg/L	0.449	0.105	0.177				N.E.	N.E.	N.E.
DBO5	mg/L	20	7	21	3	89	34	N.E.	N.E.	N.E.
DQO	mg/L	27	9	29	351	371	346	N.E.	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<0,08	<0,08	<0,08	8.2	14.4	1.5	SIN PELICULA VISIBLE		N.E.
HIDROCARBUROS TOTALES	mg/L	<0,08	<0,08	<0,08	0,5	<0,5	<0,5	N.E.	N.E.	N.E.
TENSOACTIVOS ANIONICOS	mg/L	<0,09	<0,09	<0,09	0,09	<0,09	<0,09	0.5	0.5	N.E.
COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	800	S.D	110	23,00	23,00	23,00	20 000	1 000	5 000
COLIFORMES FECALES	NMP/100mL	500	S.D	20	2	330	20	2 000	N.E.	1 000

Fuente: EIA, BLOQUE DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA TIPLE, 2008

De acuerdo al análisis realizado a los resultados obtenidos de los treinta y uno (31) parámetros monitoreados, se destaca que únicamente tres (3) parámetros como cloruros, sulfatos, fenoles totales no se encuentran cumpliendo con los valores permisibles establecidos en el Decreto 1594 de 1984.

No obstante lo anterior, también es de resaltar que a pesar de que los demás parámetros se encuentran dentro de los valores permisibles del decreto en mención, se evidencia que los parámetros monitoreados inicialmente (línea base) y los monitoreados durante la etapa de perforación, presenta un cambio sustancial disminuyendo la calidad de los cuerpo receptores en cuanto a las características calidad físico-químicas de las tres cuencas en estudio.

9.2. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL VERTIDO

Para el desarrollo del siguiente numeral, son tomados como punto de partida los resultados obtenidos en el análisis multitemporal del numeral anterior, y se presentan las siguientes consideraciones al respecto al impacto ambiental causado a los tres (3) caños:

Las aguas residuales tratadas, cuando son descargadas directamente a un cuerpo de agua ocasionan efectos negativos en la vida acuática y en los usos posteriores de estas aguas. Un cuerpo de agua contaminado disminuye su valor de uso como agua para consumo humano o para fines agrícolas. Afecta la vida acuática, mueren los peces por disminución del oxígeno disuelto y el agua se convierte en no apta para el consumo humano.

En línea con las sustancias químicas identificadas que están fuera de parámetros, se establece una caracterización para esclarecer el impacto ambiental que producen al cuerpo de agua.

➤ **Cloruros**

Los compuestos que aportan cloruros a las aguas son aquellas sales que contienen el átomo de anión (Cl^-) el cual presenta una carga negativa el cual, tal como el cloruro de sodio (NaCl , KCl , MgCl_2 , entre otros). Este ion nunca se encuentra en forma libre en la naturaleza, y se presenta en mayor cantidad como cloruro de sodio. Los compuestos de cloruro son altamente solubles en agua, en la cual ellos persisten en forma disociada como aniones de cloruro con sus correspondientes cationes cargados positivamente (como el sodio, Na).

Las principales fuentes de cloruro al medio ambiente son salmueras provenientes de depósitos de sal o actividades industriales que emplean este tipo minerales en sus procesos, generando efluentes residuales industriales de empresas como: industrias químicas, operación de pozos petroleros, aguas residuales industrial y doméstico, percolado de desechos, rocío de mar e intrusión salina en áreas costera, entre otros.

Para este caso los cloruros son reportados en una concentración [] promedio de 7134.916 mg/L para los tres (3) caños, los cloruros son directamente proporcional a la concentración de sales disueltas y presentes en el agua (parámetro de sólidos disueltos), por lo anterior, este parámetro puede ser comprobado mediante mediciones de conductividad y sólidos disueltos, lo que indica la confiabilidad de los análisis realizados a los cuerpos de agua, los cuales deben ser coherentes entre sí.

Del análisis multitemporal realizado para los tres cuerpos de agua, se concluye que con el valor reportado de 7134.916 mg/L, este se encuentra impactando de una manera importante, perjudicando el crecimiento vegetal y si las aguas contaminadas con esta sustancia, son utilizadas para el riego en campos agrícolas, se presenta un deterioro importante la calidad del suelo.

➤ **Sulfatos**

Al igual que los cloruros, el contenido en sulfatos de las aguas es muy variable y puede ir desde muy pocos miligramos por litro hasta cientos de miligramos por litros.

Los sulfatos son originados por la contaminación con aguas residuales domésticas e industriales. Este parámetro reporta una concentración [] promedio de 3.5 mg/L, para lo cual se puede concluir que dicha concentración se encuentra sobrepasando los límites permisibles. En este orden de ideas, es de precisar que este valor seguramente se encuentra deteriorando seriamente la calidad del agua en los tres cuerpos superficiales. En el caso de que estas aguas sean utilizadas para el riego en campos agrícolas, se podría estar presentando un deterioro muy grave a los ecosistemas terrestres y en específico a la calidad del suelo.

Finalmente es de resaltar, que esta condición hace que estas aguas sean altamente peligrosas y mortales para la salud de los seres humanos produciendo síntomas de deshidratación y diarrea al consumirlas.

➤ **Fenoles Totales**

Los fenoles son derivados de un compuesto químico llamado hidroxibenceno o bencenol. Se usan principalmente en el medio industrial, en la fabricación de resinas (fenólicas, nylon y epoxi), en la industria petroquímica (como disolvente), farmacéutica, y para fabricar pinturas, entre otros usos. Los fenoles son sustancias consideradas altamente tóxicas, por lo que se han desarrollado diferentes tratamientos para las aguas que los contienen.

Los fenoles son derivados de los alcoholes, que tienen una fórmula general R-OH; los fenoles tienen esto unido a un anillo aromático: Ar - OH. Para nombrarlos, se usa el sufijo "ol" añadido al hidrocarburo aromático. Los demás sustituyentes del anillo, se ubican mediante un número, o usando los prefijos "orto", "meta", "para".

Para el análisis multitemporal tomado a los tres (3) caños, se presenta una concentración [] promedio de 0.23 mg/L. Estos funcionan como un ácido en el agua, esta condición hace que sean altamente peligrosos y mortales para la salud de los seres humanos, adicionalmente suelen afectar cualquier tipo de ecosistema ya sea terrestre o acuático.

En conclusión, estas desviaciones en estos tres (3) elementos de los vertimientos producen en el cuerpo de agua, una serie de modificaciones en la calidad físico química que resultan impactando y modificando de manera drástica el ecosistema acuático y principalmente en su hidrobiota, produciendo cambios en el medio ambiente a simple vista en su coloración, turbiedad y hasta en algunos casos la muerte de alevinos que son evidentes en el paisaje por el deterioro del mismo. Por otra parte no debemos olvidar los daños y perjuicios ocasionados a la sociedad que se abastece de este recurso para satisfacer sus necesidades diarias o los que utilizan el recurso para el sostenimiento de sus actividades agrícolas para el riego de cultivos.

9.3. PROPUESTAS DE CONTROL DESDE LA GERENCIA AMBIENTAL

De acuerdo a los impactos ambientales descritos anteriormente, a continuación, se presentan las siguientes propuestas que pueden ser implementadas por la industria petrolera, con el fin de prevenir, mitigar, controlar y resarcir los impactos generados por el vertido de aguas residuales domesticas (ARD) a los cuerpos de aguas superficiales de los tres caños:

9.3.1. PROPUESTA DISTRITO DE ADECUACIÓN DE TIERRAS

Desde hace algunos años, se han venido explorando en algunos campos del País diferentes alternativas para el manejo futuro del agua de producción tratada, que disminuyan la presión sobre las fuentes hídricas receptoras de vertimiento, ante el incremento de los volúmenes de agua que se esperan manejar, asociados a la producción de crudo de los diferentes campos.

Esta propuesta surge de la necesidad de evaluar alternativas de uso agroindustrial de las aguas asociadas a la producción de hidrocarburos para su aprovechamiento en sistemas productivos agropecuarios, dada su potencial de uso en cultivos industriales principalmente para la producción de biocombustibles y maderas.

Esta propuesta de sostenibilidad ambiental plantea la implementación de sistemas agrosilvopastoriles, como estrategias de mejoramiento a la actividad ganadera, la realización de estudios relacionados con la prestación de servicios ambientales y acciones para contribuir con el fortalecimiento de las capacidades locales.

Una de las alternativas que se ha venido trabajando es el estudio de los efectos del uso del agua de producción en labores agrícolas y pecuarias, con la Corporaciones Autónomas Regionales, cuyos resultados en campos petroleros

han sido favorables. El Distrito de Adecuación de Tierras es una alternativa para el manejo de agua de producción, el cual da una nueva opción en la disposición de aguas de producción convirtiéndola de residuo a recurso. Además da una solución a la disposición de agua de producción, siendo una solución socio-ambiental óptima.

En especies animales

Para determinar el efecto del consumo de las aguas asociadas a la industria de hidrocarburos sobre la producción y la salud animal, se requiere suministrar estas aguas, previamente tratadas a especies bovinas del sistema doble propósito, aves, búfalos y peces, y posteriormente deberán ser monitoreadas en condiciones controladas.

En cultivos y suelos

En condiciones de invernáculo y en campo abierto se realizan mediciones del desarrollo vegetal en especies como caña de azúcar, palma de aceite, yopo, acacia, melina, eucalipto y jatropha, complementado con análisis de suelos, de agua, tejido vegetal y bromatológico. Se busca evidencia de la presencia de hidrocarburos, que permita establecer grados de contaminación para el diseño de medidas de remediación y control para el uso productivo de las aguas asociadas a la producción de hidrocarburos. Se realiza también la búsqueda de microorganismos edáficos degradadores de hidrocarburos que contribuyan a solucionar problemáticas de contaminación.

Sistemas silvopastoriles para el desarrollo sostenible de la ganadería

Se promueve el establecimiento de sistemas agropastoriles, como alternativas de reforestación y recuperación de áreas degradadas, para contribuir al mejoramiento de los sistemas de producción pecuaria del área intervenida.

Los arreglos de sistemas silvopastoriles vinculados al proyecto de sostenibilidad ambiental son los siguientes:

- Cercas Vivas
- Franjas
- Bosquetes y árboles dispersos en potreros y en rondas de agua, con especies forestales como Acacia mangium, Eucalipto pellita y árboles nativos como el Yopo.

9.3.2. OTRAS PROPUESTAS DE CONTROL

Como complemento a la principal propuesta de este proyecto, adicionalmente se propone de manera general plantear una serie de fórmulas que tengan en cuenta los cambios no significativos en la calidad fisicoquímica de un cuerpo de agua, basados en el principio de prevención:

Esto conllevaría a modificar la normatividad legal existente, exigiendo parámetros de calidad mucho más exigentes, y que obliguen a las empresas de la industria petrolera a implementar tecnologías que aseguren que la calidad del recurso hídrico no cambie en su composición cuando se presente un vertimiento.

Finalmente, durante la revisión de los resultados de los monitoreos físico químicos presentados por la empresa mediante los informes de cumplimiento ambiental (ICA), se propone que estos deberían ser auditados o intervenidos por agentes

externos al gobierno, con el fin de que las empresas petroleras cumplan con el reporte de información y datos mucho más acertados y veraces.

En conclusión, las propuestas acá presentadas son benéficas porque buscan un equilibrio entre el desarrollo de las actividades de la industria petrolífera y el desarrollo sostenible y sustentable de los recursos naturales específicamente para el recurso hídrico en Colombia. De esta manera la industria petrolera podría incentivar y apoyar más a las comunidades donde se pueden llevar a cabo estos sistemas agrosilvopastoriles, generando trabajo y otras fuentes de ingresos adicionales a las comunidades que sobreviven de la agricultura. Por otra parte principalmente se estaría preservando los ecosistemas terrestres (suelo) y acuáticos (ríos, caños, quebradas y demás) que son considerados como parte fundamental para el futuro sostenimiento del medio ambiente en que vivimos.

CONCLUSIONES

1. Por medio de la información recopilada en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos que cuentan con Licencia Ambiental, se logra establecer cuáles son las etapas y actividades de los proyectos de hidrocarburos y las interacciones que estas tienen sobre los componentes ambientales y sociales que son de influencia por el vertido a cuerpos de agua superficiales, específicamente para los tres (3) cuerpos de agua objeto de vertimientos por el desarrollo del proyecto de perforación exploratoria Bloque Tiple.
2. Mediante el análisis multitemporal realizado, se permite identificar los parámetros que se encontraban por fuera de lo establecido en el Decreto 1594 de 1984 (cloruros, sulfatos y fenoles totales), y adicionalmente permiten establecer mediante la línea base inicial el deterioro en términos de calidad que han sufrido los tres (3) cuerpos de agua durante la etapa de perforación exploratoria, donde fue realizado el vertido de aguas residuales domésticas tratadas (ARD). Con esta información objetiva, se pudo determinar los cambios que fueron generados en el medio ambiente, determinando así las consecuencias para el sector de influencia del proyecto, entre los que se destacan principalmente la contaminación ambiental a los tres (3) cuerpos de agua y su poca capacidad de asimilación para el tipo de vertimiento realizado.
3. Con base en la metodología propuesta en el presente proyecto, se determina tres (3) fases para el desarrollo de la presente investigación documental, lo cual permitieron establecer el punto principal de partida para sustentar una propuesta de intervención. En el caso del proyecto de hidrocarburos de estudio, la invitación a construir un Distrito de Adecuación de Tierras, ofrece un

mejor beneficio para el desarrollo de la investigación en alternativas de uso de aguas asociadas a la explotación de hidrocarburos.

4. De la misma manera, el manejo y presentación de la información obtenida del estudio, permite establecer segundas propuestas argumentadas como complemento del análisis de la investigación, que permitirá fortalecer y propender por mejorar la normatividad ambiental vigente en relación a la exigencia de los parámetros permisibles que deben cumplir los vertimientos a los cuerpos de agua superficiales.
5. Finalmente el presente proyecto, propone que los informes de cumplimiento ambiental deben ser incluidos en un proceso de auditoría, con el fin de asegurar que la información reportada en dicho documento por las empresas que realizan actividades de perforación de hidrocarburos sea acertada y veraz a la hora de realizar procesos de seguimiento ambiental.

RECOMENDACIONES

- Las propuestas consignadas en el presente proyecto de grado, deben ser aplicadas no solo para los proyectos de exploración de hidrocarburos, sino también a los campos de producción y/o desarrollo, con el fin de mejorar los tratamientos de las aguas residuales domesticas existentes y brindarle mayor sostenibilidad y sustentabilidad al recurso hídrico en el país.
- El presente proyecto de grado además de servir para la identificación, valoración de los impactos ambientales causados por el vertido de aguas residuales domesticas generados por los proyectos exploratorios de hidrocarburos, también pueda ser utilizado como parte del seguimiento ambiental realizado por las autoridades ambientales, por medio de la ejecución de las propuestas de control.

BIBLIOGRAFIA

- ECOPETROL S.A. Capítulo II. Estudio de Impacto Ambiental del Área de Perforación Exploratoria CPO9 (APE CPO-9). Julio 2011. 133 p.
- ECOPETROL S.A. Capítulo VII Plan de Manejo Ambiental del Área de Perforación Exploratoria CPO9 (APE CPO-9). Julio 2011. 140 p.
- CEPCOLSA. Capítulo II. Estudio de Impacto Ambiental del Bloque de Perforación Exploratoria Tiple. Agosto 2008. 80 p.
- CEPCOLSA. Capítulo VII. Plan de Manejo Ambiental del Bloque de Perforación Exploratoria Tiple. Agosto 2008. 82 p.
- INDEPAZ. PETROLEO [sitio en internet]. Disponible en http://ediciones.indepaz.org.co/wpcontent/uploads/2013/06/PetroleoGeneralidades_de_la_industria_petrolera_en_Colombia-Revista_Indepaz_2013.pdf, enero de 2014.
- SANCHEZ Juan, VENAMCHAM COMITÉ AL DÍA. Comité Química e Ingeniería: Afectación de los Recursos Hídricos por Derrames de Hidrocarburos, Marzo de 2012.
- Recurso Hídrico [sitio en internet]. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Recurso_h%C3%ADrico. Acceso el 19 de septiembre de 2013.

- Captación [sitio en internet]. Disponible en <http://captaciondeagua.blogspot.com>. Acceso el 19 de septiembre de 2013.
- Lodo [sitio en internet]. Disponible en <http://www.petromat.biz/index-6.html>. . Acceso el 25 de septiembre de 2013.
- LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS POR HIDROCARBUROS, (7 de enero de 1999) Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Infanta No. 1158 entre Llinás y Clavel, municipio Centro Habana, Ciudad de La Habana, Cuba. CP 10300.
- Parámetro [sitio en internet]. Disponible en <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/NMX-AA-073-SCFI-2001.pdf>. Acceso el 25 de septiembre de 2013.

LEGISLACIÓN

- COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Decreto 3930 (2010). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial 47837 de octubre 25 de 2010 p.
- COLOMBIA. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Decreto 4728 (2010). Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010. Diario Oficial 47932 de Diciembre 23 de 2010. p.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Concepto Técnico Evaluación Licencia Ambiental Bloque de perforación Exploratoria Tiple, 2008.

- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico en Colombia, 2010.124 p.